

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-321411

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18				
H 0 1 L 21/20				
// H 0 1 L 29/06				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平6-114977

(22) 出願日 平成6年(1994)5月27日

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 下山 謙司

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化成株式会社筑波工場内

(72) 発明者 清見 和正

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化成株式会社筑波工場内

(72) 発明者 後藤 秀樹

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化成株式会社筑波工場内

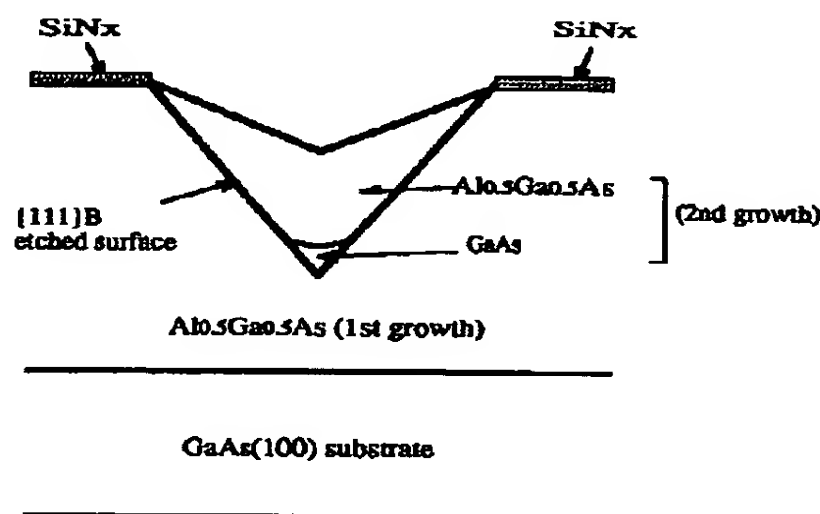
(74) 代理人 弁理士 長谷川 曉司

(54) 【発明の名称】 V溝構造を有する半導体装置

(57) 【要約】

【目的】 品質のよい量子細線を、容易に得られ、又、半導体装置の効率をも向上させる構造を提供すること。

【構成】 半導体基板又は半導体基板上に成長させたエピタキシャル成長層の少なくとも一部に断面がV字になる溝を有し、該V字になる溝の底の部分に活性層を設けたことを特徴とする半導体装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板又は半導体基板上に成長させたエピタキシャル成長層の少なくとも一部に断面がV字になる溝を有し、該V字になる溝の底の部分に活性層を設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】該活性層が、クラッド層により挟み込まれた構造を有する請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】該活性層が、量子井戸構造を有する請求項1又は2記載の半導体装置。

【請求項4】該V字になる溝の斜面で接しているV字構造の内側と外側のクラッド層を有し、該外側のクラッド層のエネルギーギャップが、該内側のクラッド層のエネルギーギャップより大きくなっている構造を有する請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項5】該V字になる溝の斜面が、 $\{111\}$ B面である請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項6】該V字になる溝が、気相エッチングにより形成された請求項1乃至5のいずれかに記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の利用分野】本発明は半導体装置、好ましくは量子効果を用いた半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】量子井戸、量子細線、量子箱等の量子マイクロ構造を有する半導体装置は、特に半導体発光装置として特に好適に用いられ、電子と正孔の量子化効果によって、低しきい値電流、高変調帯域、高コヒーレンス特性等において、優れた特性が得られている。

【0003】そして量子細線の作成方法としては、量子井戸構造を作っておいてから、電子線露光等による微細なフォトリソグラフィ法とイオンビームによる垂直エッチングを組み合わせて用いて細線を形成する方法や、図4に示す基板上にV字形状の溝を設け、この後に断面がV字になる溝（以下、「V溝」という）形状を有する基板全面にダブルヘテロ構造を成長させる方法が行われている。

【0004】

【発明が解決すべき課題】しかしながら、前者の方法は、加工による溝側壁の損傷が大きく、細線の品質は劣ったものになりやすい。一方後者は、成長速度の方位依存性を利用し、量子細線を選択的に行うことができるが、V溝を形成しようとする部分の組成によっては、形成したV溝の底が丸みを帯びてしまったり、あるいはウェットエッチングのさいに、エッチング表面に酸化膜が形成されてしまったり、不純物で汚染されてしまったり、あるいはエッチングにより、V溝の底が丸まってしまったりすることがある。

【0005】このため、品質のよい量子細線を、容易に得られる構造が望まれている。又、半導体装置の効率の

向上もまた現在の課題である。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで本発明者らは、鋭意研究の結果、かかる課題が、特定の構造により解決されることを見だし本発明に到達した。すなわち本発明の目的は、品質のよい量子細線を有する半導体装置を提供することであり、かかる目的は、半導体基板又は半導体基板上に成長させたエピタキシャル成長層の少なくとも一部に断面がV字になる溝を有し、該V字になる溝の底の部分に活性層を設けたことを特徴とする半導体装置、より好ましくは該活性層が、クラッド層により挟み込まれた構造を有する前記半導体装置、該活性層が、量子井戸構造を有する前記半導体装置、該V字になる溝の斜面で接しているV字構造の内側と外側のクラッド層を有し、該外側のクラッド層のエネルギーギャップが、該内側のクラッド層のエネルギーギャップより大きくなっている構造を有する前記半導体装置、該V字になる溝の斜面が、 $\{111\}$ B面である前記半導体装置、V字になる溝が、気相エッチングにより形成された前記半導体装置等により、容易に達成される。

【0007】以下に本発明を詳細に説明する。本発明の半導体装置の構造は、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体等に好適に使用できる。そして本発明の構造は、活性領域内でのキャリアの伝導を利用した電子素子として好適に用いられるが、特に好適には発光半導体装置として用いられる。

【0008】本発明の半導体装置の構造を、実施例で作成したIII-V族の(100)面GaAs基板上に成長させた図1の装置の説明図を用いて説明する。(100)面を用いたのは、V溝の対称性や直進性によって量子井戸の対称性や直進性が影響を受けるため、この点で最も有利である方位を選んだためであるが、極端に量子井戸の対称性や直進性が影響を受けない限り、任意の方向の基板を用いることができる。もちろんオフアングル方向についても同様のことが言える。本発明のV溝は、基板又は基板上に成長したエピタキシャル層に設けられる。そして、V溝の方向は、 $\langle 110 \rangle$ 方向から 10° 以下が好ましく、より好ましくは 5° 以下である。 10° を越えて $\langle 110 \rangle$ 方向からずれると、V溝の側面の状態が、ギザギザの階段状になりやすくあまり好ましくない。

【0009】そして活性層は、このV溝の底の部分に設けられる。活性層の厚さは、活性層として量子井戸構造を用いる場合、量子細線として用いるためには20nm以下が好ましいが、50nm程度までは使用することができる。活性層の組成や導電型については、通常使用される全てのものが使用でき、特に限定されない。本発明においては、活性層をV溝の底に設けたため、より細い量子細線を作成することができる。

【0010】本発明の好ましい態様としては、基板上に

エピタキシャル成長させたクラッド層を設け、これにV溝を設けて活性層を設け、この活性層の上にさらに第2のクラッド層を設けた構造である。そして本発明の好適な構造の一つは、V溝の斜面で接しているV字構造の内側と外側のクラッド層が、該外側のクラッド層のエネルギーギャップが、該内側のクラッド層のエネルギーギャップより大きくなっている関係にあることであり、このような構造をとることで、電流をV溝の底にある活性層に集中させることができるのでレーザダイオード等に特に好適に用いられる。

【0011】そしてこのV溝の斜面は、 $\{111\}$ B面であることが好ましい。 $\{111\}$ B面とは、III-V族化合物半導体であればV族のみが表面にならぶ $\{111\}$ 面になり、II-VI族化合物半導体であればVI族のみが表面にならぶ $\{111\}$ 面になる。これは、一般に $\{111\}$ B面上には、結晶成長が生じにくく、V溝の底から成長を始めることが容易であるためである。

【0012】そして本発明のV溝は、気相エッチングにより形成することが好ましい。これは、従来のようにウェットエッチングでV溝を作成すると、V溝の底が、丸まった形状になりやすく、また、不純物がエッチング面に残ったり、酸化膜が形成されたりすると、エッチング面に接する形で活性層を設けても、品質のよい活性層を得ることが困難になりやすいためである。

【0013】又、V溝は逆ピラミッド状のような、長手方向の長さを持たないような構造でもよいことはいうまでもない。本発明の構造の好ましい製造方法の1例としては、まず基板上に第1クラッド層となる層をエピタキシャル成長させる。このとき用いる成長方法は、有機金属気相成長法(MOCVD法)が好ましい。このエピタキシャルウェハ表面に、フォトリソグラフィ法等のパターニングプロセスを用いてストライプ状の窒化シリコン膜を形成する。このとき窒化シリコン膜のストライプの方向は、 $\langle 110 \rangle$ 方向であることが好ましい。この後、有機金属気相成長(MOCVD)法用のリアクタ内にエッチングガスを導入することにより、窒化シリコン膜をマスクとした、第1クラッド層のin-situガスエッチングを行い、先端の鋭く尖ったV溝を形成し、そのまま基板を空气中にさらすことなく連続的に量子細線及び第2クラッド層をV溝内に成長させる。このとき好適なエッチングガスとしては、HClが挙げられる。又、この方法を用いると、不純物がエッチング面に残ったり、酸化膜が形成されたりすることがないので、エッチング面に直接活性層を成長させても、品質のよい活性層をえることができる。

【0014】以下本発明を実施例を用いて更に詳細に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り、実施例に限定されるものではない。

(実施例1) 最初に、(100) GaAs基板上に、MOCVD法にて、GaAs層(0.5 μm)、Al_{0.5}

Ga_{0.5} As(2 μm)、GaAs層(20 nm)をこの順に形成した。このエピ基板の表面に、窒化シリコンをPCVD法で成膜し、これをフォトリソグラフィ法で $[011]$ 方向に伸びる幅1 μm の窒化シリコン膜が、1 μm おきに並ぶ形状にマスクした。このマスク済のサンプルを再びMOCVD装置にセットした。セット後、アルシン(AsH₃)雰囲気下で700℃まで昇温し、それからHClガスを用いてエッチングを行い、 $\{111\}$ B面を両側側面に有するV溝を形成した。エッチングを停止した直後に温度を700℃に維持したまま、トリメチルガリウム(TMg)を供給し、V溝内に4 nmのGaAs活性層を形成し、さらにTMgと共にトリメチルアルミニウム(TMA)も同時に供給し、1 μm のAl_{0.5} Ga_{0.5} Asクラッド層を作成し、再びアルシンとTMgを供給し、0.1 μm のGaAs層を形成した。この製造プロセスの説明を図2に示す。このとき、 $\{111\}$ B面上は、エピタキシャル成長が困難であるため、V溝の側壁には成長が起こらず、結果としてV溝の底にGaAsの量子細線が、自己整合的に形成される。又、成長中にもHClをIII族原料と同モル程度の1 sccm程度供給することにより、窒化シリコン層上に、AlGaAsの多結晶の析出を防いだ。この成長中にHClを供給する手法は、特にGaAlAs層のアルミニウム組成が0.4以上の時に好適に用いられ、そして高いアルミニウム組成を有するAlGaAsの選択成長が可能となるので、活性層へのキャリアの閉じ込めに効果がある。

【0015】こうして成長させたサンプルをSEM観察した。この様子を図1に模式的に示す。窒化シリコンのマスクの下にエッチングが広がるアンダーエッチング現象は起こっておらず、またV溝の先端部は非常にシャープに尖ったV溝が形成された。そしてこのV溝の底の部分だけに、横幅20 μm のGaAsの細線が埋め込まれていた。このサンプルのPL(フォトルミネッセンス)発光を調べたところ、77K、及び室温(300K)のいずれも量子細線からの発光が顕著に見られた。このうち、室温でのデータを図3に示す。これらの結果は、損傷の少ない高品質な量子細線を簡単に得ることができたことを示している。

【0016】(実施例2) 埋め込みクラッド層の組成をAl_{0.3} Ga_{0.7} Asにした以外は、実施例1と同様のサンプルを作成し、発光強度を調べたところ、明らかに発光強度の増加が認められた。これは、V溝の中のキャリアが、V溝側壁にエネルギー障壁があるため、V溝の外に出られず、V溝の底にある活性層に集中した結果であると考えられる。このような効果は、レーザ素子等を作成する場合、有利であると考えられる。

【0017】

【発明の効果】本発明により、品質のよい量子細線を、容易に得られ、又、半導体装置の効率をも向上させるこ

10

20

30

40

50

とができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の実施例1にて作成した1態様を示す説明図である。

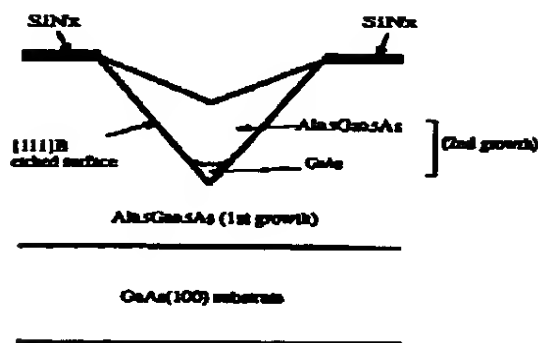
【図2】図2は本発明の実施例1に用いた製造プロセスの説明図である。

スの説明図である。

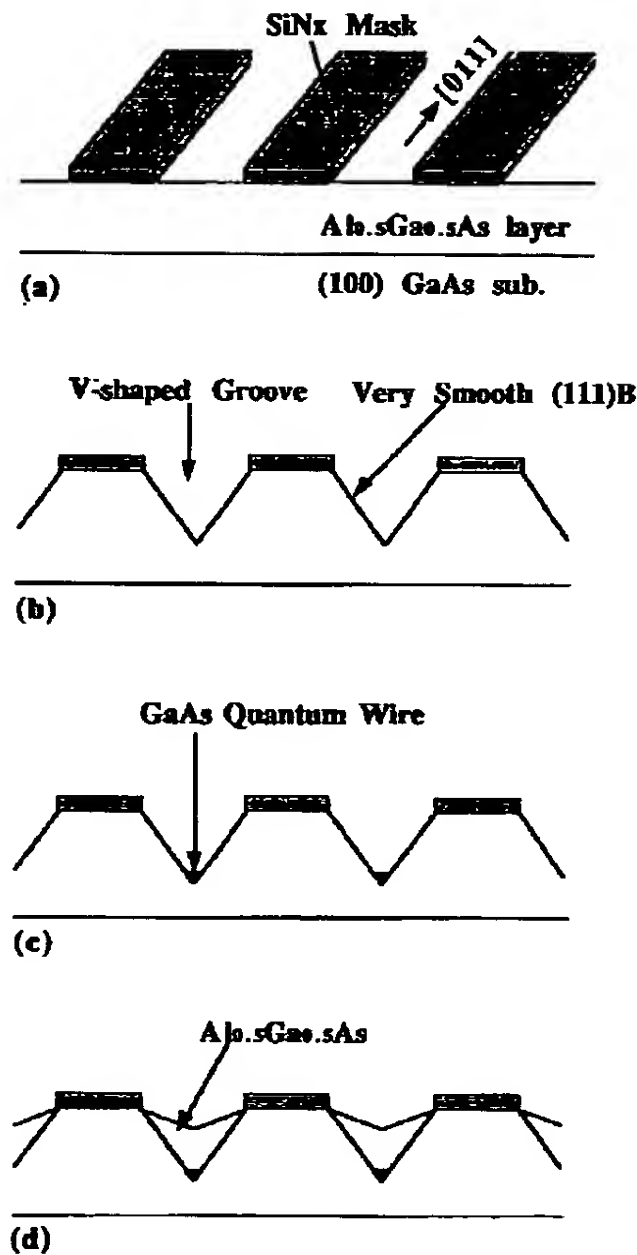
【図3】図3は本発明の実施例1にて作成したサンプルの室温でのPL発光の状態を示す図である。

【図4】図4は、従来の量子細線を用いた素子の典型を示した説明図である。

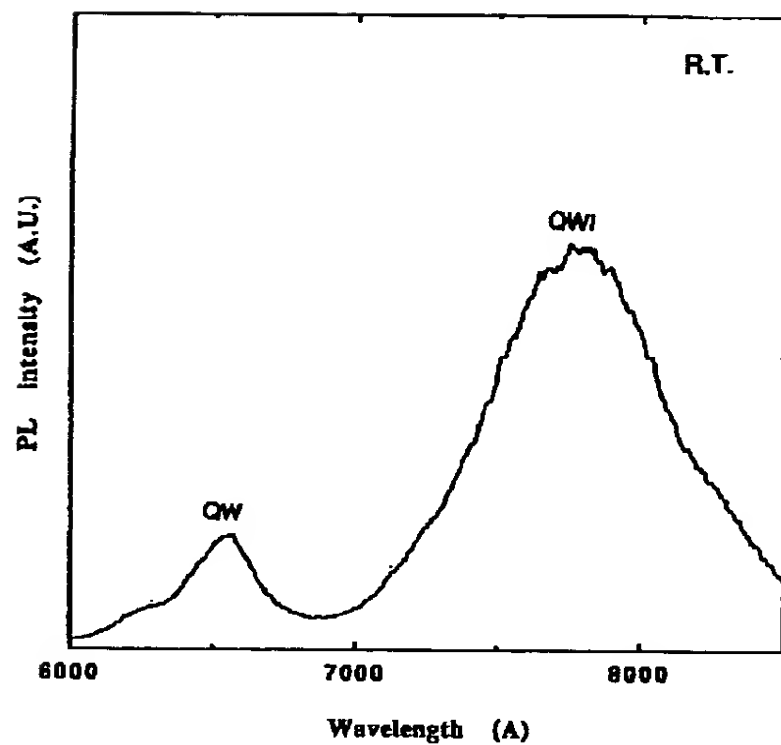
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

